

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-131606

(P 2 0 0 0 - 1 3 1 6 0 6 A)

(43)公開日 平成12年5月12日(2000.5.12)

(51)Int. Cl.

識別記号

F I

7-マ3-1 (参考)

G02B 13/04

G02B 13/04

C 2H087

13/18

13/18

9A001

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全14頁)

(21)出願番号 特願平10-301050

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

(22)出願日 平成10年10月22日(1998.10.22)

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 永田哲生

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

(72)発明者 武山哲英

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

(74)代理人 100097777

弁理士 藤澤 弘 (外7名)

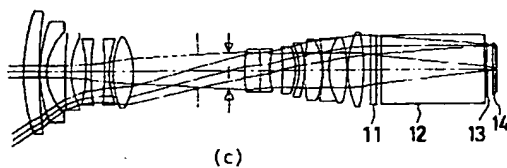
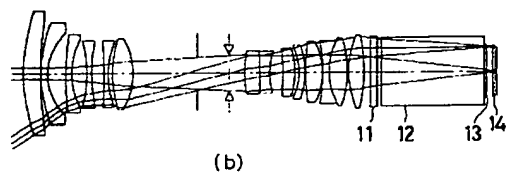
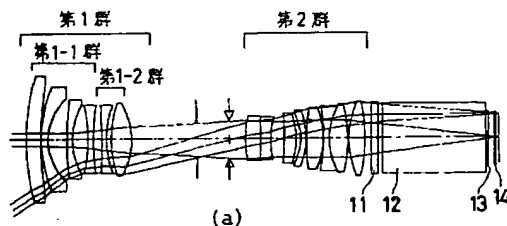
最終頁に続く

(54)【発明の名称】バックフォーカスの長い広角レンズ

(57)【要約】

【課題】 バックフォーカスが焦点距離の2倍以上、画角 60° 以上、Fナンバーが2.8程度の明るく、色収差、ディストーションが良好に補正された超高画素の撮像素子を用いたビデオカメラやデジタルスチルカメラ用の広角レンズ。

【解決手段】 全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、無限遠から近距離にフォーカスを行う際、第1-2レンズ群を物体側から像側へ光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うバックフォーカスの長い広角レンズ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(1) \quad 1.5 < D/f < 5.0$$

$$(2) \quad -10.0 < f_{12}/f_{11} < -2.8$$

ただし、D：無限遠物体にフォーカス時の第1レンズ群の最も像側の面と第2レンズ群の最も物体側の面との距離、f：全系のd線の焦点距離、 f_{11} ：第1-1レンズ群のd線の焦点距離、 f_{12} ：第1-2レンズ群のd線の焦点距離、である。

【請求項2】 物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、無限遠から近距離にフォーカスを行う際、前記第1-2レンズ群を物体側から像側へ光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うことを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

【請求項3】 請求項2において、以下の条件式を満足することを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(1) \quad 1.5 < D/f < 5.0$$

$$(2) \quad -10.0 < f_{12}/f_{11} < -2.8$$

ただし、D：無限遠物体にフォーカス時の第1レンズ群の最も像側の面と第2レンズ群の最も物体側の面との距離、f：全系のd線の焦点距離、 f_{11} ：第1-1レンズ群のd線の焦点距離、 f_{12} ：第1-2レンズ群のd線の焦点距離、である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、バックフォーカスが非常に長く、無限遠物点から至近に至るまで色収差、ディストーションが良好に補正され、特に近年の超高画素化した撮像素子を用いたビデオカメラやデジタルスチルカメラ等に適した広角レンズ、及び、そのフォーカシング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の固体撮像素子等を用いた撮影レンズは、撮影レンズと撮像素子との間に光学ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等を配置させるため、長いバックフォーカスを必要とする。さらに、RGB等の色毎に撮像素子を用いたいいわゆる多板式カメラは、撮像素子

の前側にカラー色フィルタを用いたいいわゆる単板式カメラと比較して、色分解プリズムを用いるため、より長いバックフォーカスが必要となる。そのため、撮影レンズの構成は負の前群と正の後群のレトロフォーカス型となるものが一般的であるが、開口絞りを挟んでレンズのパワー配置が非対称になるため、歪曲収差、非点収差やコマ収差等の軸外収差の発生量が大い。特に広角レンズの場合、焦点距離の2倍以上の長いバックフォーカスが必要となるため、前後群のパワーをより強くしなければならなくなり、軸外収差等の補正が非常に困難となる。

【0003】 また、色収差について近軸的に考えると、軸上色収差は開口絞りより物体側にある前群で正の色収差を、開口絞りより像側にある後群で負の色収差を発生させる。また、倍率色収差に関しては、前群で負の色収差を、後群においても負の色収差を発生させる。そのため、軸上色収差は前後群である程度補正することが可能であるが、倍率色収差の補正ができない。そこで、従来のレトロフォーカスタイプの撮影レンズは、それぞれの群を正負複数枚のレンズで構成し、各群内で軸上色収差と倍率色収差の発生量を小さく保ち、目標性能を達成しようとしている。

【0004】 このような広角レンズは、例えば特開昭63-81309号や特開昭63-81310号、特開昭63-81311号、特開平7-181376号、特開平7-27973号、特開平10-54934号等で提案されている。

【0005】 また、広角レンズのフォーカシング方法に関して、一般的には全群繰り出しあるいは撮影レンズの一部を繰り出す方式がある。しかし、バックフォーカスが非常に長い広角レンズの場合、撮影距離が至近になる程収差変動が著しく発生してしまう。そのため、撮影レンズの中の一部を光軸方向に移動させるインナーフォーカス方式やリアフォーカス方式があり、収差変動の少ないレンズ群を適切に選ぶことにより、良好な結像性能を確保しつつ、より至近撮影を可能にすることができる。また、全群繰り出しと比較してフォーカス群を軽量化できるという利点がある。このようなフォーカス方法を用いた広角レンズは、例えば特開昭63-149618号、特開平4-118612号等で提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 近年の製造技術の発展により、固体撮像素子は年々小型高精細化が進み、現状では1画素の大きさが数 μ m程度となっており、特にデジタルカメラ市場に用いられるCCD等の撮像素子はメガピクセルのものが主流となりつつある。今後さらに高密度化が進むため、より高性能のレンズが必要とされる。また、業務用途の市場においてもデジタルカメラが開発されている。その場合、銀塩カメラの画質と同等又はそれ以上の画質が強く望まれるため、撮像素子の1画素の大きさは従来のCCDと同様にして撮像素子の有効

面積をより大きくすることで画素数を増やし、さらなる高画素化を図るようになっていく。当然、撮影レンズのイメージサークルはそれに伴って大きくなり、同等の結像性能が広範囲にわたり要求される。例えば特開昭63-81309号や特開昭63-81310号、特開昭63-81311号、特開平7-181376号、特開平7-27973号等に記載されている広角レンズは、バックフォーカスが十分確保されているものの、諸収差の補正が十分ではなく、近年の高画素化した撮像素子を用いたカメラには用いることができない。

【0007】また、RGBの色分解プリズムを用いた3板式カメラは、通常の単板式カメラと比較しても非常に長いバックフォーカスが必要になるため、負の前群及び正の後群それぞれのパワーを大きくするか、あるいは、前後群の間隔を大きくする必要がある。前者の場合は軸外収差の悪化を招き、特にディストーションと倍率色収差の補正が非常に困難となる。業務用途の市場ではディストーションをかなり小さく抑えられることが望まれている。倍率色収差に関しても、3板式の場合は色ずれが顕著になるため、より小さく抑えることが望まれている。また、後者の場合はレンズ全長が大きくなってしまいう欠点がある。特開平7-181376号に関しては、諸収差は良好に補正されているが、ディストーションが最周辺で5%あるいはそれ以上あり好ましくなく、さらには、バックフォーカスが十分確保できていない。また、特開平10-54934号に関しては、バックフォーカスを十分確保しているものの、倍率色収差が大きく、画質劣化の大きな原因となる。

【0008】また、フォーカシングの方法に関しては、上述したように、長いバックフォーカスの広角レンズの場合、リアフォーカス方式やインナーフォーカス方式が有効であるが、その場合、非点収差やコマ収差等の軸外収差の変動が大きくなる。例えば特開昭63-149618号の広角レンズは、最も像側の1つ以上の正レンズをフォーカス群としたリアフォーカス方式をとっている。この広角レンズは、無限遠から至近にフォーカシングを行うと、前記フォーカス群に入射する軸外光線の光線高の変化が至近撮影になるに従い大きくなり、さらには、軸外光束の光線高が高いため、非点収差やコマ収差、ディストーションの変動が大きくなってしまふ。そのため、フォーカシングによる性能劣化が著しく、近年の高画素化した撮像素子を用いたカメラには用いることができない。また、特開平4-118612号の広角レンズは、フォーカス群が2つ別々に移動する方法をとっている。この実施例は収差変動は小さいが、フォーカス群が大きく、鏡枠の機械的な強度を強くしなければならぬ。また、レンズ保持枠も大きくなり、結果的にフォーカシング群を移動させる駆動力が大きくなってしまふ。そのため、自動焦点調節を行う場合には不利となる。これらのことを考慮すると、フォーカス群は小型軽

量でかつ移動量が少ない方法が望まれる。

【0009】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、バックフォーカスが焦点距離の2倍以上と非常に長く、画角60°以上、Fナンバーが2.8程度と明るく、色収差、ディストーションが良好に補正された、特に近年の超高画素の撮像素子を用いたビデオカメラやデジタルスチルカメラ等に適した広角レンズを提供することである。

【0010】また、もう1つの目的は、無限遠物点から至近に至るまで収差変動を極力小さくし、レンズ鏡筒が簡単な構造で、かつ、フォーカス群の軽量化を行った広角レンズを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明のバックフォーカスの長い広角レンズは、物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

$$(1) \quad 1.5 < D/f < 5.0$$

$$(2) \quad -10.0 < f_{12}/f_{11} < -2.8$$

ただし、D：無限遠物体にフォーカス時の第1レンズ群の最も像側の面と第2レンズ群の最も物体側の面との距離、f：全系のd線の焦点距離、 f_{11} ：第1-1レンズ群のd線の焦点距離、 f_{12} ：第1-2レンズ群のd線の焦点距離、である。

【0012】また、本発明のもう1つのバックフォーカスの長い広角レンズは、物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、無限遠から近距離にフォーカスを行う際、前記第1-2レンズ群を物体側から像側へ光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うことを特徴とするものである。

【0013】以下に、上記の構成をとる理由と作用を説明する。レトロフォーカスタイプの撮影レンズの場合、開口絞りを挟んで非対称なハリー配置となっているため、倍率色収差やディストーションの補正が非常に困難となる。そのため、前後群をそれぞれ正負複数枚のレンズ構成にすることで各群の収差の発生量を極力小さくすることが望ましい。特に第1群は、十分なバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差とディストーションを良好に補正することを目的として、負のバリーを持つ1-1群の像側に正のバリーを持つ1-2群を配している。

さらに、1-1及び1-2群内で収差の発生量を極力小さく抑えるために、1-1群内には少なくとも1枚の正レンズを、1-2群内には少なくとも1枚の負レンズを配することが望ましい。

【0014】さらに、条件式(1)及び(2)は、このような構成の広角レンズの倍率色収差及びディストーションを極めて良好に補正するための条件式であり、第1群と第2群との間隔と、第1群の1-1群及び1-2群のパワー配分を規定したものである。条件式(1)の下限の1.5を越えると、前後群の間隔が狭くなるため、10 レンズ全長の短縮化は図られるが、長いバックフォーカスを確保するためには各群の、特に1-1群の負のパワーを強くしなければならなくなり、レトロフォーカスタイプの非対称的なパワー配置がより顕著となると同時に、軸外光線高が非常に高いため、非点収差、コマ収差等の軸外収差の補正が非常に困難となる。条件式(1)の上限の5.0を越えると、レンズ全長が非常に長くなるため好ましくない。また、条件式(2)の下限の-10.0を越えると、1-2群のパワーが弱くなり、所望の倍率色収差及びディストーションの補正ができなくなる。条件式(2)の上限の-2.8を越えると、1-2群のパワーが強くなり、第1群の負のパワーが弱くなるため、バックフォーカスの確保ができなくなり好ましくない。

【0015】さらに、条件式(1)及び(2)は以下の範囲であることが望ましい。

$$(4) \quad 2.3 < D/f < 4.0$$

$$(5) \quad -9.0 < f_{12}/f_{11} < -3.0$$

この範囲内であれば、さらに倍率色収差及びディストーションを良好に補正することが可能である。

【0016】また、本発明の広角レンズは、無限遠から近距離にフォーカスを行う際、第1-2レンズ群を物体側から像側へ光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うことを特徴とする広角レンズである。インナーフォーカス方式の場合、例えばフォーカシング群より物体側の群が略アフォーカル系であれば、フォーカシングの際、球面収差の変動が小さく抑えられる。しかし、軸外光束は光軸に対してある程度の角度を有しているため、フォーカシング群の移動により入射光線高が変化してしまい、像面湾曲、コマ収差の変動が大きくなってしまう。

【0017】本発明のフォーカシング方式は、前群を負パワーの1-1レンズ群と正パワーの1-2レンズ群で構成し、1-2群を像側へ移動させることで第1群のハローを弱め、フォーカシングを行っている。その場合、全体繰り出しと比較してフォーカス群の移動量が小さくすることができ、また、前後群の間隔がある程度確保されているため、フォーカス群の移動スペースを十分確保することができる。さらに至近にフォーカシングを行う場合、負パワーの1-1レンズ群で軸外光束を光軸と略

平行にでき、1-2群を光軸方向に移動させても軸外光線の光線高の変化を小さくすることができるため、像面湾曲、コマ収差等の軸外収差の変動を小さく抑えることが可能となる。

【0018】さらに、条件式(1)又は(2)の何れか又は両方の条件式を満足することが望ましい。理由に関しては上述したが、特に(2)の条件式に関しては、フォーカシングの際、条件式(2)の下限を越えると、1-2群のパワーが弱くなり、フォーカス群の移動距離が大きくなってしまふ。そのため、結果的に収差変動が大きくなり、所望の結像性能が得られなくなってしまう。また、それに合わせて1-1群のパワーを弱くすると、軸外光束が光軸に対して略平行にできなくなり、フォーカシングの際、フォーカス群に入射する軸外光線高が大きく変化してしまい、軸外収差の変動を大きくしてしまう。また、条件式(2)の上限を越えると、1-2群のパワーが非常に強くなり、フォーカス群の移動量が極めて少なくなり、機械的な位置出し及びその制御ができなくなり好ましくない。

【0019】さらに、条件式(1)及び(2)は条件式(4)及び(5)の範囲であることが望ましい。その範囲内であればフォーカシングの際の収差変動を極めて小さくすることが可能となる。

【0020】また、本発明の以上の広角レンズは、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 3.0 < |\Sigma (\nu_{di} \times \Phi_i)| / \Phi < 20.0$$

ただし、 ν_{di} ：第1-2レンズ群のi番目にあるレンズのd線のアッベ数、 Φ_i ：第1-2レンズ群のi番目にあるレンズのd線のパワー、 Φ ：全系のd線のパワー、である。

【0021】条件式(3)は軸上色収差と倍率色収差を第1群で極力発生させないための条件式で、特にフォーカシング時の色収差の変動を極力抑えるための条件式であり、1-2群の正レンズ群の等価アッベ数と負レンズ群の等価アッベ数の差を表わしている。上述したように、レトロフォーカスタイプの広角レンズの色収差は、各群内で極力発生量を抑えることが望ましい。そのため、負パワーの第1群は一般的には低分散の負レンズと高分散の正レンズを組み合わせる。しかし、本発明の広角レンズの場合、1-2群内で色収差を極力小さく抑える必要がある。そのため、1-2群内の正レンズは負レンズよりも低い分散特性を持つ硝材が必要となる。そのため、条件式(3)の範囲内であることが望ましい。条件式(3)の上限の20.0を越えると、1-2群内で発生する倍率色収差を補正することが困難となり、また、フォーカシングの際に倍率色収差が大きく変動してしまう。また、1-1群と1-2群で軸上色収差が補正過剰となり、結果的に後群で発生する軸上色収差も補正できなくなり好ましくない。また、条件式(3)の下限の3.0を越えると、1-2群内では色収差が小さくな

るが、第1群内で倍率色収差を極力小さく抑えることができなくなり好ましくない。したがって、条件式(3)の範囲内であれば、色収差を良好に補正することが可能となる。

【0022】さらに、条件式(3)は以下の条件式(6)の範囲であることが望ましい。

【0023】

$$(6) \quad 4.5 < |\Sigma (\nu_i \times \phi_i)| / \phi < 15.0$$

この範囲内であれば、さらに軸上色収差、倍率色収差をバランス良く補正することが可能である。

【0024】また、本発明の広角レンズの構成は、撮影レンズと撮像素子の間に色分解プリズム、光学ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等を配置するためのバックフォーカスを十分確保するために、以下の条件式の何れか又は両方を満足することが望ましい。

$$(7) \quad -8.00 < f_1 / f < -2.00$$

$$(8) \quad 2.40 < f_2 / f < 3.30$$

ただし、 f_1 ：第1群の焦点距離、 f_2 ：第2群の焦点距離、である。

【0025】条件式(7)、(8)は結像性能を良好に保ちながらも非常に長いバックフォーカスを確保するための条件式で、全系の焦点距離に対する前後群の焦点距離を規定するものである。条件式(7)は第1群の焦点距離を規定するもので、上限の-2.00を越えると、十分なバックフォーカスを確保することは可能であるが、非対称なパワー配分がより顕著となり、コマ収差、非点収差、ディストーション等の軸外収差が悪化し、補正が非常に困難となる。さらに、第1群で発生する倍率色収差の増加も招くことになる。また、下限の-8.00を越えると、第1群のパワーが非常に弱くなり、十分なバックフォーカスを確保できなくなり、本発明の属する技術分野の撮影レンズとしては好ましくない。条件式(8)は第2群の焦点距離を規定するもので、上限の3.30を越えると、第2群のパワーが弱くなり、所望の仕様を得るためには、第1群のパワーも弱くしなければならず、レンズ全長が非常に長くなってしまふ。条件式(8)の下限の2.40を越えると、第2群のパワーが大きくなり、球面収差が大きく補正不足になると同

$$(12) \quad 0.6 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 5.0$$

ただし、 R_{21} ：1-2群の最も物体側にある面の曲率半径、 R_{22} ：1-2群の最も像側にある面の曲率半径、である。

【0032】条件式(12)はフォーカシングの際の収差変動を極力小さく抑えるための条件式で、1-2群の仮想シェーフファクタを規定する条件式である。条件式(12)の上限の5.0を越えると、その2つの曲率が非常に近くなり、1-2群のパワーが弱くなるためフォーカシングの移動量が大きくなってしまふ。また、その2つの曲率半径を大にした場合、軸上マージナル光線の1-2群に入射する角度が大きくなり、フォーカシング

時に、コマ収差、像面湾曲の補正が困難となる。

【0026】したがって、条件式(7)、(8)を満足することで球面収差及び軸外収差を良好に保ちながら、十分なバックフォーカスを確保することが可能となる。

【0027】さらに、条件式(7)及び(8)は以下の条件式(9)及び(10)の範囲内であることが望ましい。

$$(9) \quad -6.00 < f_1 / f < -2.15$$

$$(10) \quad 2.40 < f_2 / f < 3.00$$

この範囲内であれば、さらに単色収差、色収差を良好に補正しながらバックフォーカスを十分確保することが可能である。

【0028】また、本発明の広角レンズは、以下の条件式の範囲内のバックフォーカスを有す得ることが望ましい。

$$(11) \quad 2.0 < f_r / f < 4.0$$

ただし、 f_r ：空気換算のバックフォーカス、である。

【0029】条件式(11)は、本発明の撮影レンズの像側に配置される色分解プリズム、光学ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等を挿入するために必要なバックフォーカスを規定するための条件式である。条件式(11)の上限の4.0を越えると、前後群のパワーをより強める必要があり、収差補正が非常に困難となる。また、撮像装置そのものが大きくなり好ましくない。また、条件式(11)の下限の2.0を越えると、上述した光学部材が挿入できなくなり、やはり好ましくない。したがって、本発明の広角レンズは条件式(11)の範囲内のバックフォーカスを有することが望ましい。

【0030】さらに、本発明の広角レンズは1-1群の最も物体側のレンズが正レンズであることが望ましい。最も物体側のレンズは、軸外光束が最も高いため、その正レンズと像側の負レンズとの空気レンズの作用により高次のディストーション及び倍率色収差を発生させることができ、全系として良好にディストーション及び倍率色収差を補正することが可能となる。

【0031】また、本発明の撮影レンズの構成は以下の条件式を満足することが望ましい。

40 の際、球面収差の変動が大きくなると共に、像側の面で補正しているディストーション、倍率色収差及びベッツバル和が補正不足となる。また、その2つの曲率半径を小にした場合、1-2群に入射する軸外光束の入射角が大きくなり、コマ収差が悪化し好ましくない。また、像側の面のハリーが非常に強くなるので、フォーカシングの際、メリディオナル面の変動が大きくなり好ましくない。条件式(12)の下限の0.6を越えると、1-2群のパワーが強くなり、バックフォーカスの確保が非常に困難となり、また、軸外光束のフォーカス群への入射角が大きくなり軸外収差の変動が大きくなってしま

う。

【0033】さらに、条件式(12)は以下の条件式

$$(13) \quad 0.9 < (R_{2,1} + R_{2,2}) / (R_{2,1} - R_{2,2}) < 3.5$$

また、本発明の撮像装置の構成は、以上の少なくとも何れかの広角レンズを用いた撮像装置である。以上で説明してきた広角レンズを用いることにより、近年の超高画素化した撮像素子を用いた撮像装置を提供することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるバックフォーカスの長い広角レンズの各実施例について説明する。以下の実施例1から5の広角レンズの断面図をそれぞれ図1～図5に示す。各図中、(a)は無遠距離撮影時、

(b)は撮影倍率 $\beta = 1/30$ 、(c)は撮影倍率 $\beta = 1/20$ (実施例1、3)若しくは $1/10$ (実施例2、4)の時の断面図である。また、実施例1の無限遠撮影時の収差図を図6に、撮影倍率 $\beta = 1/30$ の時の収差図を図7に、撮影倍率 $\beta = 1/20$ の時の収差図を図8に示す。図6～図8において、SAは球面収差、ASは非点収差、DTは歪曲収差、CCは倍率色収差、CMはコマ収差を示す。図中、“FIY”は像高を示す。他の実施例も実施例1と同等の収差上の性能であるため、図示は省いた。なお、実施例1の断面図(図1)の最も像側にある4枚の平行平板11～14は、それぞれ色分解プリズム、赤外カットフィルタ、ローパスフィルタ等を想定したもので、以下全ての実施例においても同様である。

【0035】実施例1の広角レンズは、図1に示すように、物体側から順に、全体として負のパワーの第1-1群が、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、物体側の凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズ、両凹レンズの4枚構成、全体として正パワーの第1-2群が、両凹レンズと両凸レンズの2枚構成、全体として正パワーの第2群が、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、両凸レンズ、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、及び、両凸レンズの6群8枚構成で、レンズ全系で12群14枚構成となっている。フォーカス方式は、無限遠撮影から近距離撮影にかけて第1-2群を像側に繰り込むことによりフォーカシングを行っている。フォーカシング群の移動量は1.9mmと非常に少なく、撮影距離が無限遠から至近約300mmまで略収差変動を極めて小さく抑えることが可能となっている。またフォーカシング群は負レンズと正レンズの2枚のみとなっているため、フォーカシング群の軽量化も図られ、結果的にレンズ保持枠の簡素化も可能となる。

【0036】実施例2の広角レンズは、図2に示すように、物体側から順に、全体として負のパワーの第1-1群が、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、物体

(13)の範囲内であることが望ましい。

側の凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズ、両凹レンズの4枚構成、全体として正パワーの第1-2群が、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズの1群2枚構成、全体として正パワーの第2群が、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、両凸レンズ、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、及び、両凸レンズの6群8枚構成で、レンズ全系で11群14枚構成となっている。フォーカス方式は、無限遠撮影から近距離撮影にかけて第1-2群を像側に繰り込むことによりフォーカシングを行っている。この実施例では、フォーカシング群(第1-2群)は接合レンズになっており、この場合、フォーカシング群の偏心の効きが非常に弱くなるため、組み立ての際の利点となる。

【0037】実施例3の広角レンズは、レンズ系全長の短縮化を行った例であり、レンズ構成は実施例1と略同様で、最も像側の接合レンズが、像側の凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズとなっている。すなわち、図3に示すように、物体側から順に、全体として負のパワーの第1-1群が、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、物体側の凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズ、両凹レンズの4枚構成、全体として正パワーの第1-2群が、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの2枚構成、全体として正パワーの第2群が、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、両凸レンズ、像側の凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズ、及び、両凸レンズの6群8枚構成で、レンズ全系で12群14枚構成となっている。この実施例のように、全長をある程度短縮化した場合でも、良好な結像性能が達成可能である。

【0038】実施例4の広角レンズは、図4に示すように、物体側から順に、全体として負のパワーの第1-1群が、凸平正レンズ、物体側の凸面を向けた負メニスカスレンズ、両凹レンズの3枚構成、全体として正パワーの第1-2群が、両凹レンズと両凸レンズの2枚構成、全体として正パワーの第2群が、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズ、両凸レンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズ、両凸レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズの4群7枚構成で、レンズ全系で9群12枚構成となっている。レンズ枚数を削減した場合でも、至近撮影距離が約122mmまで良好な結像性能が達成できている。

【0039】実施例5の広角レンズも、実施例3同様、

レンズ系全長の短縮化を行ったものである。レンズ構成は実施例1と略同様であり、良好な結像性能を得られている。すなわち、図5に示すように、物体側から順に、全体として負のパワーの第1-1群が、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、物体側の凸面を向けた3枚の負メニスカスレンズの4枚構成、全体として正パワーの第1-2群が、物体側の凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの2枚構成、全体として正パワーの第2群が、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、像側に凸面を向

けた負メニスカスレンズ、両凸レンズ、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、及び、両凸レンズの6群8枚構成で、レンズ全系で12群14枚構成となっている。

【0040】以下に、上記実施例1～5の数値データを示す。なお、表中、記号は上記の他、 f は全系の焦点距離、 Fno はFナンバー、 ω は半画角、 fb は空気換算のバックフォーカス、 IH は像高、 Nd は各レンズのd線の屈折率、 ν_d はd線のアッペ数、 OBJ は物体距離、 STO は開口絞りを表す。また、 INF は無窮大を表す。

【0041】

実施例1

$f=17.1056$ $Fno\ 2.829$ $2\omega=65.96$ $fb=42.337$ $IH=11.1$				
OBJ	INF	$d0$	Nd	ν_d
1	86.481	7.500	1.80100	34.97
2	185.943	0.200		
3	59.593	3.300	1.60738	56.81
4	24.055	8.580		
5	196.543	2.500	1.60738	56.81
6	30.082	7.030		
7	-65.349	2.500	1.48749	70.23
8	87.471	$d1$		
9	-271.062	2.290	1.84666	23.78
10	42.660	2.060		
11	48.694	9.000	1.65412	39.69
12	-34.060	$d2$		
STO	INF	6.950		
14	39.982	7.000	1.84666	23.78
15	-125.801	4.500	1.62004	36.26
16	29.582	6.290		
17	-108.947	6.000	1.48749	70.23
18	-28.441	2.200		
19	-20.258	2.200	1.80100	34.97
20	-32.716	0.300		
21	103.799	8.000	1.49700	81.54
22	-29.235	0.300		
23	-54.633	2.200	1.80100	34.97
24	28.961	8.500	1.48749	70.23
25	-49.648	0.300		
26	39.982	7.500	1.48749	70.23
27	-74.432	3.000		
28	INF	3.000	1.51633	64.14
29	INF	2.260		
30	INF	47.000	1.56883	56.36
31	INF	1.000	1.51633	64.14
32	INF	2.890		
33	INF	0.900	1.52542	64.55
34	INF	1.000		
$\beta=0.033$ $\beta=0.05$				
$d0$	INF	472.816	301.756	
$d1$	4.000	5.262	5.897	

d2 46.708 45.446 44.811

$D/f = 3.137$

$f_{12}/f_{11} = -3.425$

$|\Sigma (\nu_{11} \times \Phi_1)| / \Phi = 11.831$

$f_1 / f = -3.512$

$f_2 / f = 2.662$

$f_3 / f = 2.475$

$(R_{21} + R_{31}) / (R_{21} - R_{31}) = 1.287$

【0042】

実施例 2

$f=17.1057$ Fno 2.829 $2\omega=65.96$ $fb=42.357$ $IH=11.1$

OBJ	INF	d0	Nd	νd
1	80.6722	7.565	1.77250	49.60
2	348.4302	0.200		
3	77.7209	3.000	1.61800	63.33
4	23.6159	5.734		
5	50.5013	2.500	1.72916	54.68
6	28.3559	6.385		
7	-126.1358	2.200	1.48749	70.23
8	42.1717	d1		
9	-97.3111	3.571	1.76182	26.52
10	29.8438	14.000	1.62004	36.26
11	-40.8707	d2		
STO	INF	5.084		
13	58.6089	14.000	1.76182	26.52
14	-22.7097	2.000	1.62004	36.26
15	90.7674	2.177		
16	-85.6960	13.173	1.49700	81.54
17	-36.9117	3.146		
18	-20.1681	2.200	1.84666	23.78
19	-34.4300	0.300		
20	101.6913	10.000	1.49700	81.54
21	-32.2670	0.300		
22	-281.7319	2.200	1.80100	34.97
23	26.1207	10.500	1.48749	70.23
24	-79.6945	0.300		
25	45.9633	7.500	1.48749	70.23
26	-132.4210	3.002		
27	INF	3.000	1.51633	64.14
28	INF	2.260		
29	INF	47.000	1.56883	56.36
30	INF	1.000	1.51633	64.14
31	INF	2.910		
32	INF	0.900	1.52542	64.55
33	INF	1.000		

$\beta=0.033$ $\beta=0.10$

d0 INF 472.114 130.117

d1 4.444 7.123 12.051

d2 35.522 32.840 27.898

$D/f = 2.374$

$$f_{12}/f_{11}=-8.519$$

$$|\Sigma(\nu_{1i} \times \Phi_i)|/\Phi=5.291$$

$$f_1/f=-2.242$$

$$f_2/f=2.719$$

$$f_3/f=2.476$$

$$(R_{21}+R_{22})/(R_{11}-R_{12})=2.448$$

【0043】

実施例3

f=17.100 Fno 2.829 2 ω =65.98 fb=42.337 III=11.1				
OBJ	INF	d0	Nd	ν d
1	101.2143	7.500	1.80100	34.97
2	281.0234	0.200		
3	63.0155	3.300	1.60738	56.81
4	24.0321	7.519		
5	112.7909	2.500	1.60738	56.81
6	28.6462	6.396		
7	-84.6141	2.500	1.48749	70.23
8	41.4129	d1		
9	1547.3214	2.200	1.84666	23.78
10	40.2228	2.050		
11	44.1741	9.000	1.65412	39.69
12	-34.9194	d2		
STO	INF	15.697		
14	45.3106	5.000	1.84666	23.78
15	-81.5279	3.489	1.62004	36.26
16	29.5424	4.443		
17	-133.2253	6.000	1.48749	70.23
18	-25.0770	2.200		
19	-19.0448	2.200	1.80100	34.97
20	-37.8843	0.300		
21	694.8403	7.500	1.49700	81.54
22	-23.5383	0.300		
23	-1122.9005	8.500	1.48749	70.23
24	-20.6486	2.200	1.80100	34.97
25	-136.9441	0.300		
26	84.9668	7.500	1.48749	70.23
27	-42.7069	3.000		
28	INF	3.000	1.51633	64.14
29	INF	2.260		
30	INF	47.000	1.56883	56.36
31	INF	1.000	1.51633	64.14
32	INF	2.890		
33	INF	0.900	1.52542	64.55
34	INF	1.000		
		$\beta=0.033$	$\beta=0.05$	
d0	INF	475.484	304.432	
d1	4.336	5.325	5.810	
d2	36.871	35.882	35.396	
D/f=3.074				
$f_{12}/f_{11}=-3.104$				

$$|\Sigma (\nu_{i1} \times \Phi_i)| / \Phi = 13.408$$

$$f_1 / f = -3.547$$

$$f_2 / f = 2.544$$

$$f_3 / f = 2.476$$

$$(R_{21} + R_{31}) / (R_{21} - R_{31}) = 0.956$$

【0044】

実施例4

$$f=16.997 \quad Fno \ 2.829 \quad 2\omega=66.29 \quad fb=44.177 \quad IH=11.1$$

OBJ	INF	d0	Nd	ν_d
1	132.338	7.500	1.80922	39.59
2	INF	0.150		
3	105.391	4.430	1.60548	60.64
4	25.592	10.900		
5	-107.391	4.500	1.59143	61.14
6	45.941	d1		
7	-88.062	4.700	1.85504	23.78
8	44.642	6.350		
9	80.844	9.160	1.80642	34.97
10	-41.773	d2		
ST0	INF	15.5600		
12	53.902	7.0000	1.79192	25.68
13	-36.190	2.5000	1.80922	39.59
14	32.570	3.0000		
15	108.481	9.7200	1.48915	70.23
16	-19.461	4.7200	1.80642	34.97
17	-42.969	0.1000		
18	49.539	12.0000	1.49845	81.54
19	-49.539	0.1000		
20	121.718	4.7600	1.80642	34.97
21	24.688	10.8300	1.48915	70.23
22	-48.694	4.820		
23	INF	3.0000	1.51825	64.14
24	INF	2.2600		
25	INF	47.0000	1.57124	56.36
26	INF	1.0000	1.51825	64.14
27	INF	2.9100		
28	INF	0.9000	1.52736	64.55
29	INF	1.0000		

$$\beta=0.033 \quad \beta=0.10$$

d0	INF	463.289	122.801
d1	8.386	10.698	15.221
d2	50.744	48.432	43.909

$$D / f = 3.899$$

$$f_1 / f = -3.918$$

$$|\Sigma (\nu_{i1} \times \Phi_i)| / \Phi = 4.976$$

$$f_1 / f = -5.664$$

$$f_2 / f = 2.695$$

$$f_3 / f = 2.599$$

$$(R_{21} + R_{31}) / (R_{21} - R_{31}) = 2.805$$

【0045】

実施例 5

f=17.108 Fno 2.829 2 ω =65.95 fb=42.357 IH=11.1				
OBJ	INF	d0	Nd	ν d
1	66.9406	8.1758	1.71300	53.87
2	202.7903	0.2000		
3	47.0385	2.3000	1.61800	63.33
4	23.0854	8.7434		
5	191.8770	2.2000	1.84666	23.78
6	33.5307	4.2489		
7	130.3937	2.5000	1.48749	70.23
8	44.8147	d1		
9	238.4784	6.0000	1.48749	70.23
10	36.5620	15.1724		
11	193.6679	10.0000	1.69895	30.13
12	-55.6890	d2		
STO	INF	12.5265		
14	86.1563	8.0000	1.76182	26.52
15	-39.9515	8.0000	1.64769	33.79
16	47.0740	3.7269		
17	-110.6985	3.7110	1.48749	70.23
18	-35.4325	4.7759		
19	-21.6370	2.5000	1.78470	26.29
20	-29.8728	0.2000		
21	80.4391	6.3090	1.49700	81.54
22	-40.0425	0.2000		
23	-243.1997	2.0000	1.80100	34.97
24	30.6930	7.2732	1.48749	70.23
25	-98.3061	0.2000		
26	49.6025	8.2762	1.49700	81.54
27	-75.2563	3.0000		
28	INF	3.0000	1.51633	64.14
29	INF	2.2600		
30	INF	47.0000	1.56883	56.36
31	INF	1.0000	1.51633	64.14
32	INF	2.9100		
33	INF	0.9000	1.52542	64.55
34	INF	1.0000		

$$\lambda = 0.033$$

$$d0 \quad INF \quad 465.097$$

$$d1 \quad 4.170 \quad 6.170$$

$$d2 \quad 21.290 \quad 19.289$$

$$D/f = 1.977$$

$$f_{12}/f_{11} = -4.063$$

$$|\Sigma (\nu_{1i} \times \Phi_{1i})| / \Phi = -5.242$$

$$f_1 / f = -5.039$$

$$f_2 / f = 2.605$$

$$f_3 / f = 2.476$$

$$(R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) = 0.621$$

【0046】 以上の本発明のバックフォーカスの長い広角レンズは例えば次のように構成することができる。

[1] 物体側から順に、全体として負のバリエを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のバリエを持つ

第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$【0047】(1) \quad 1.5 < D/f < 5.0$$

$$(2) \quad -10.0 < f_{12}/f_{11} < -2.8$$

ただし、D：無限遠物体にフォーカス時の第1レンズ群の最も像側の面と第2レンズ群の最も物体側の面との距離、f：全系のd線の焦点距離、 f_{11} ：第1-1レンズ群のd線の焦点距離、 f_{12} ：第1-2レンズ群のd線の焦点距離、である。

【0048】〔2〕 物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、絞りと、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とからなり、前記第1レンズ群は、少なくとも1つの正レンズを含み全体として負のパワーを持つ第1-1レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを含み全体として正のパワーを持つ第1-2レンズ群で構成され、無限遠から近距離にフォーカスを行う際、前記第1-2レンズ群を物体側から像側へ光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うことを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

【0049】〔3〕 上記2において、以下の条件式を満足することを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$【0050】(1) \quad 1.5 < D/f < 5.0$$

$$(2) \quad -10.0 < f_{12}/f_{11} < -2.8$$

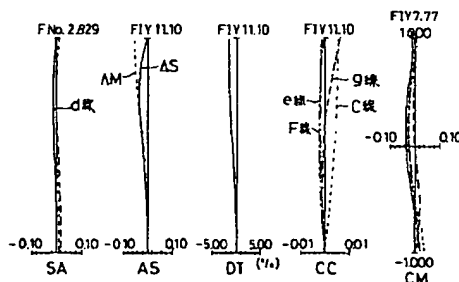
ただし、D：無限遠物体にフォーカス時の第1レンズ群の最も像側の面と第2レンズ群の最も物体側の面との距離、f：全系のd線の焦点距離、 f_{11} ：第1-1レンズ群のd線の焦点距離、 f_{12} ：第1-2レンズ群のd線の焦点距離、である。

【0051】〔4〕 上記1から3の何れか1項において、以下の条件式を満足することを特徴とするバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$【0052】$$

$$(3) \quad 3.0 < \{ \sum (\nu_{i1} \times \phi_i) \} / \Phi < 20.0$$

【図6】



ただし、 ν_{i1} ：第1-2レンズ群のi番目にあるレンズのd線のアッベ数、 ϕ_i ：第1-2レンズ群のi番目にあるレンズのd線のパワー、 Φ ：全系のd線のパワー、である。

【0053】〔5〕 上記1から4の何れか1項記載の広角レンズを用いたことを特徴とする撮像装置。

$$【0054】$$

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の広角レンズは、バックフォーカスが焦点距離の2倍以上と非常に長く、画角60°以上、Fナンバーが2.8程度と明るく、色収差、ディストーションが良好に補正された、特に近年の超高画素の撮像素子を用いたビデオカメラやデジタルスチルカメラ等に適した広角レンズを提供することができる。また、無限遠物点から至近に至るまで収差変動を極力小さくし、レンズ鏡筒が簡単な構造で、かつ、フォーカス群の軽量化を行った広角レンズ及びその広角レンズを用いた撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の広角レンズの断面図である。

【図2】本発明の実施例2の広角レンズの断面図である。

【図3】本発明の実施例3の広角レンズの断面図である。

【図4】本発明の実施例4の広角レンズの断面図である。

【図5】本発明の実施例5の広角レンズの断面図である。

【図6】実施例1の無限遠撮影時の収差図である。

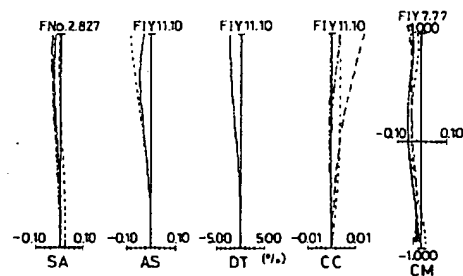
【図7】実施例1の撮影倍率 $\beta = 1/30$ の収差図である。

【図8】実施例1の撮影倍率 $\beta = 1/20$ の収差図である。

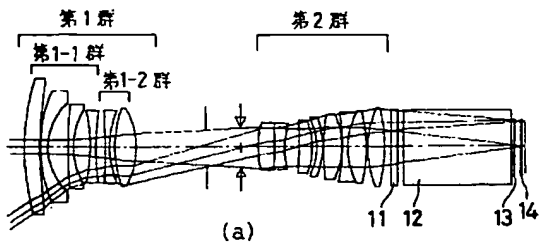
【符号の説明】

11、12、13、14…平行平板（色分解プリズム、赤外カットフィルタ、ローパスフィルタ等）

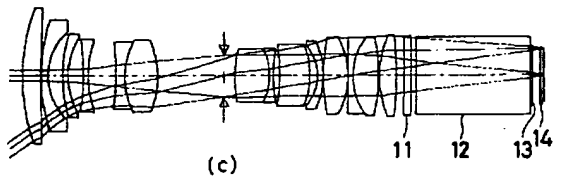
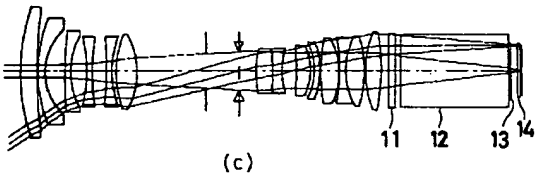
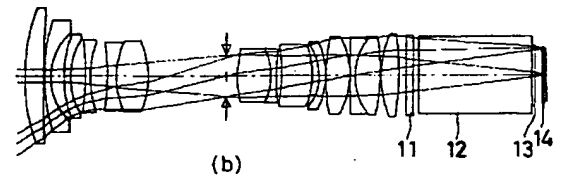
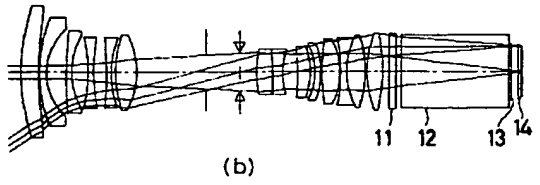
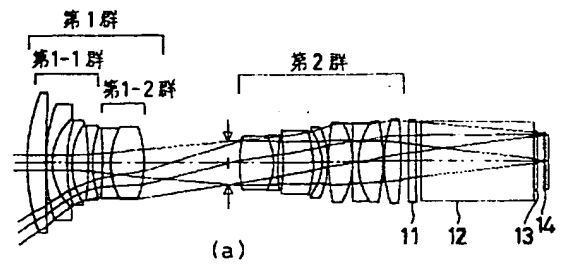
【図7】



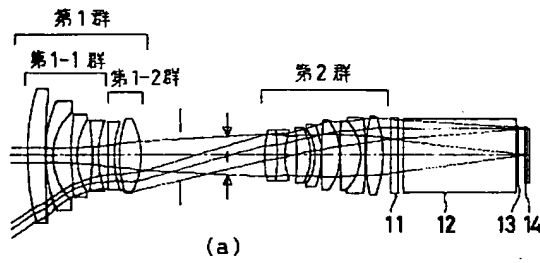
【図 1】



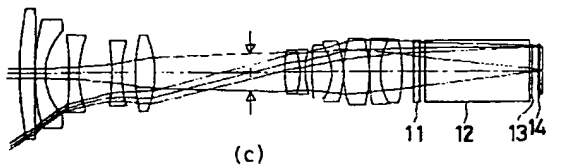
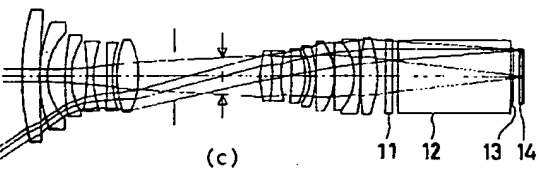
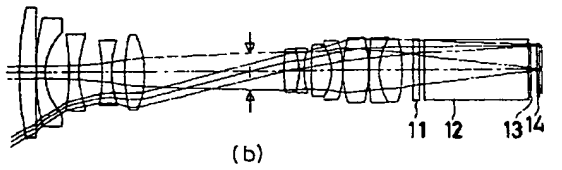
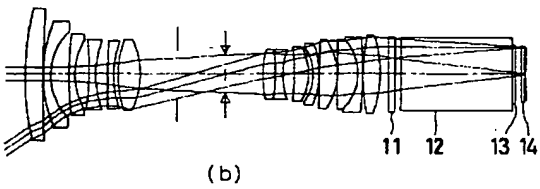
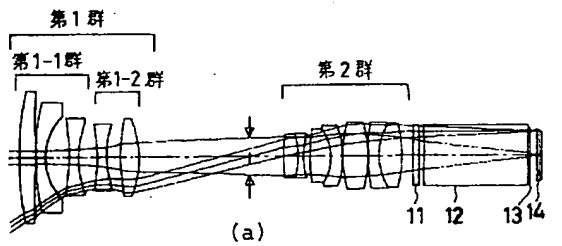
【図 2】



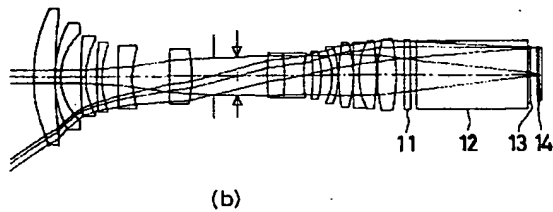
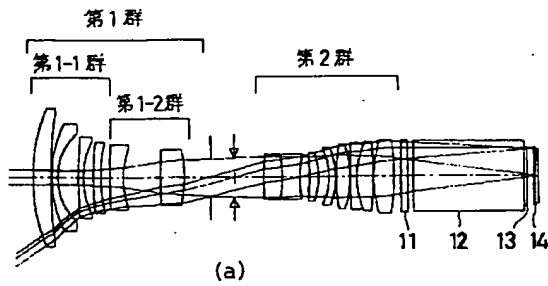
【図 3】



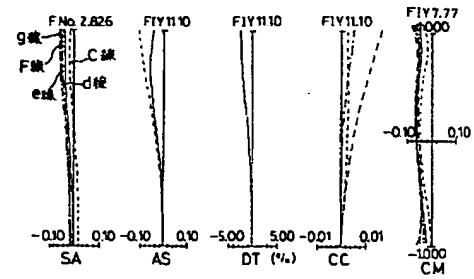
【図 4】



【図 5】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 後藤敦夫
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリン
パス光学工業株式会社内

F ターム (参考) 2H087 KA03 LA03 MA07 PA09 PA11
PA12 PA19 PA20 PB12 PB14
QA02 QA07 QA12 QA13 QA22
QA26 QA34 QA41 QA42 QA45
QA46 RA32 RA41 RA43
9A001 BB06 KZ16